

飞机研制数字化的现状与未来

——访中航工业沈阳飞机设计研究所副总设计师管林

Digital Development Status and Future of Aircraft

本刊记者 谷雨



管林

研究员,中航工业沈阳飞机设计研究所副总设计师,中航工业航空信息化首席技术专家,中航工业信息化专家组总体组专家。

一直从事应用软件开发、网络系统规划设计、飞机研制数字化、综合管理信息化等方面的工作,参加了航空CIMS、数字化工程等行业重点数字化项目。组织规划并建立了支撑综合项目团队以并行协同方式开展研制工作的数字化环境,将数字化技术和计划成本控制技术应用于沈阳飞机设计研究所承担的重点型号,解决了重点型号研制周期短、成本控制要求高等问题,在长期的工程与管理信息化实践中积累了丰富的经验。获部科技进步一等奖1项,省科技进步一等奖1项,部科技进步二等奖1项,部科技进步三等奖1项;荣获重点型号首飞二等功3次,重点型号设计定型二等功1次。

【编者按】随着中航工业信息化和工业化两化融合的深入开展,信息化和数字化技术已贯穿飞机设计和制造的各个环节,尤其是数字化技术的应用,使飞机的研制周期大幅缩短,质量得到显著提升。那么,在当前的环境下,我国的数字化技术将呈现怎样的发展趋势?飞机研制数字化将面临哪些新的问题和挑战?为此,本刊记者对中航工业沈阳飞机设计研究所副总设计师管林先生进行了专访。

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.01/02.054

在信息化和工业化两化融合的背景下,信息化、数字化技术贯通飞机设计制造的各个环节,打破了产品设计和制造之间的“鸿沟”,实现了产品生命周期中设计、制造、管理等过程的一体化,降低了从设计到生产制造之间的不确定性,从而缩短了产品设计到生产的转化时间,并且提高了产品的可靠性与成功率。

国内飞机研制所取得的成果得益于数字化设计制造技术的应用,数字化技术的应用使飞机研制模式发生了根本性变革,飞机的设计制造能力得到显著提升。与此同时,数字化技术与智能装备、优化的业务流程相结合,使得飞机研制过程更加柔性化、智能化,这也代表了飞机研制数字化的发展趋势。

本文通过分析当前国内飞机数字化研制的现状、发展趋势,提出今

后发展的建设性意见。

国内飞机行业数字化的成就

在飞机的研制中,数字化技术已融入从设计到制造、从技术到管理的整个研发流程,使研制周期大幅缩短,质量大幅度提升。

1 MBD技术的应用使制造依据发生历史性变革

在飞机的研制中,应用MBD (Model Based Definition) 技术并建立了相应技术标准规范,开发了相应的支持工具,实现了全三维数字样机的定义。MBD模型包含完整的设计、制造、管理信息,飞机研制以MBD模型作为唯一依据,MBD模型贯穿设计制造过程,实现了基于MBD模型的设计制造一体化,结束了以二维工程图为主要制造依据的历史。MBD技术的应用,标志着中国航空制造业

已开始跨入全三维设计制造时代。

2 关联设计增强了设计模型的协调性、一致性

关联设计技术是多专业并行设计的有效手段,其核心是基于模块划分的骨架模型体系和接口体系定义,以三维骨架模型和接口描述数字样机的各级设计输入,建立总体、结构、系统等专业 MBD 模型之间的关联关系,形成完整的关联设计体系,使得上游设计发生变化时,下游的设计可以全部自动更新,设计数据的协调性、一致性得到保证,加快了飞机研制的设计进度。

3 面向制造的设计提高了制造效率

应用 MBD 的设计方法使产品设计、工装设计、工艺设计得以并行开展,工艺制造人员在并行协同研制平台支持下能提早介入产品的设计,直接将工艺性要求定义在设计数模中,使面向制造的设计(DFM)理念体现和落在具体设计过程中。

如大型复杂机加件的定义,在设计过程中充分考虑工艺性,根据建模工艺性要求采用了基于工艺制造特征的建模方法,按照零件的加工要求构建设计模型,将工艺特征定义到设计数模中,制造部门可方便提取 MBD 数模的特征用于工艺编程,缩短了数控编程工艺员重构工艺模型的时间,使模型质量问题减少,准确度大幅度提高,显著提高了数控机加件的工艺设计和制造效率;在钣金零件设计中,设计提供的 MBD 数模不仅完整包含零件的几何信息和非几何信息,同时模型还具有可展开性分析特性,可直接用于制造过程中的下料工序,为实现钣金件零件的精确制造奠定了基础;在复合材料结构设计中,设计提供的 MBD 模型中所定义的材料铺层信息,可直接用于零件制造过程中的数控下料和铺层;装配设计所定义的连接信息模型确定了连接要素中的位置和装配信息,实现了钻铆/焊接等装配过程的自动化。

4 简化构型管理方法的应用实现了飞机的架次管理

以模块设计为基础,以构型项为管理对象的构型管理方法简化了产品结构,降低了追溯层级,简化了技术状态管理的复杂度,通过将配置表和有效性基线相结合,使产品结构中零部件批架次有效性完全由系统自动计算,实现了并行设计环境下的单架次数字样机信息的提取。

更改是对飞机产品及构型信息的变更,更改控制用于管理对产品有影响的更改建议及管理所发现的不符合性,采用版本和版次两个控制因素标记更改过程,满足了对更改过程的监控和更改结果的管理要求,使飞机单架次技术状态得到有效控制。

5 零部件制造等单元技术已经成熟

在实现机加件的三维数字化制造基础上,开展了钣金、复材等数字化制造手段的建设。以产品三维数字化模型为基础,从技术、软硬件、数字化设备的配备及工艺流程和管理等方面进行深入研究、改造和开发,在工艺设计、加工生产、生产管理等跨系统的数据共享、集成管控等方面取得重要进展,使飞机零部件数字化制造能力和水平得到很大提升。

在机加件数字化制造方面,突破了面向复杂飞机结构件的基于特征的快速编程技术,实现了飞机结构件制造全过程的管控,实现了作业现场的可视化、无纸化;在钣金零件数字化制造方面,采用三维数字化技术开发柔性多点模具及配套软件系统取代了大量传统钣金件工装,利用三维仿真软件对钣金零件成形过程进行模拟仿真,提高了加工质量,减少了试模时间;在复合材料构件数字化制造方面,针对复合材料构件制造存在成本高、开发周期长、性能难以保证等问题,通过引进先进的数字化复材制造设备,采用工艺过程模拟仿真、自动铺带、自动剪裁、激光投影、数控切边钻孔等先进技术,建立了复

合材料构件数字化制造集成应用平台,全面实现了复合材料构件数字化制造。

6 实现飞机大部件的柔性装配

在飞机部件装配、总装等环节,通过引进或研制数字化装配设备,改进和优化装配模式及流程,重点攻克了基于三维实体模型的装配仿真、数字化柔性装配、精密制孔及数字化检测等关键技术,突破了基于激光跟踪和 IGPS (Indoor GPS) 的大部件装配自动化对接技术。

飞机装配以数字化技术作为支撑,融合了飞机装配定位技术和移动技术等,通过优化飞机装配流程,构建基于三维轻量化模型的工作门户,采用基于站位的节拍式生产计划排程,建立完全配套的物料配送线等,实现了大部件装配与对接自动化技术应用的突破,最大化地减少了装配工时和成本,全面提升了飞机装配效率和能力。

7 并行协同研制模式缩短了飞机的研制周期

采用联合研制和并行工程的方法,以 IPT (Integrated Product Team) 的组织形式、并行的研制流程、成熟度控制方法进行飞机研制。通过协同研制平台,在产品数字化定义的同时,并行开展可制造性分析、工艺和工装设计、关键部件物料采购,提前进行生产准备;通过协同研制平台,以产品结构为基础,进行模块化的、面向装配和制造的在线并行产品定义,逻辑上建立集成产品、工艺、工装、检验数据的产品单一数据源;通过协同研制平台,进行产品数据的管理和交换,实现 DMU (Digital Mock-Up) 动态实时共享,使在确保产品数据一致性和有效性的前提下,联合研制单位能够在统一的环境中,按照统一的流程和规范进行设计和制造。联合研制模式能够充分发挥各参研单位的优势,通过企业最优化能力的重构全面提升综合研发能力。

数字化技术发展趋势及飞机研制数字化的发展方向

数字化技术、提升数字化效能的方法以及相关技术的综合发展十分迅猛,只有把握数字化技术的发展趋势,明确飞机研制数字化的现状和数字化技术的应用程度,才能确定今后飞机研制数字化的努力方向。

1 数字化技术发展趋势

美国政府提出“再工业化”战略,旨在提升数字化设计、制造能力。德国政府推出“工业 4.0”战略,旨在通过采用先进物联网技术,打造数字化工厂,实现从采购、生产到销售和服务的全产业链数字化。这实质上就是我国提出的工业化与信息化深度融合战略,其核心都是数字化设计与制造。

数字化技术是产品创新和技术创新的共性使能技术,它将促进产品和工艺设计更趋现代化,加工制造更加精密、快速,制造系统更加柔性、智能。飞机研制数字化技术的发展趋势是帮助企业实现飞机设计、工艺规划、验证、管理过程的可视化和自动化,进而通过流程的优化实现精益制造,通过智能技术的应用实现智能制造。数字化制造是数字化设计的延伸,数字化技术将改变制造业的设计、生产、管理和服务方式,从而推动产业形态和制造模式的深刻变革。

2 飞机研制数字化的发展方向

在飞机全生命周期的研制活动中,通过模型、样机、仿真或其他手段验证和确认方案,展开详细设计与制造,各个阶段的活动是一个迭代递归的过程。在详细设计和制造阶段,传统的飞机研制流程专业之间是串行的,设计人员完成产品设计后,工艺人员对产品的可制造性进行审查,完成工艺审查后的设计结果正式发放到工厂,工艺、工装人员开展工艺工装设计,设计、工艺、工装之间缺乏必要的沟通协调,产品设计很少考虑工

艺要求,导致制造阶段暴露出很多设计问题,一些设计要求在制造时无法实现,工艺审查发现的问题需要修改设计,增加了成本,耽误了研制进度。生产中暴露的问题往往会使零件报废、模具工装返修,导致成本增加、研制周期延长。

解决问题的方法是后续专业工作启动点前移,并且增加专业间的协同与沟通,即实施并行工程。并行工程的主要内容就是飞机设计制造流程的重构、以产品为中心的集成产品开发团队(IPT)的重组、数字化产品定义和仿真工具的应用及并行协同的工作平台的建立。

通过分析现状,尽管在飞机产品定义、构型管理、数字化制造、数字化装配、协同平台建设等方面都做了大量的工作,也取得了显著的成效,但应该说完整的飞机研制数字化体系尚未形成,MBD、设计制造仿真等单元技术的深度应用不足,而且精益化、智能化等方面的工作仍是一个持续完善的过程。

3 加强贯穿产品设计、工艺设计、制造、检测的 MBD 技术应用

MBD 全三维设计模型作为制造的唯一依据,是对现行的飞机制造技术体系的冲击,对现行的管理模式、业务流程、工艺设计系统、检测规划设计系统、标准规范体系、基础数据库及二维 CAPP 系统支持的制造体系都要做出相应的改造,以建立基于 MBD 的工艺、制造技术体系。

目前虽然基于 MBD 的产品设计、三维装配工艺设计技术的应用已取得一定成效,但三维零件工艺设计和检验规划设计等环节还处于技术研究、方案设计、系统开发、验证、试用状态,需下功夫打通基于 MBD 的飞机数字化制造的技术路线。

4 增加设计生产过程仿真技术的应用

按照并行协同研制的理念,设计阶段已经包括了产品生命周期中后期阶段的专业。后续专业介入时往

往不具备基于实物开展工作的条件,需借助仿真手段,通过仿真工具、仿真流程、知识库开展工作,基于定义的模型进行方案、功能性能、装配、工艺过程的仿真验证。有了模拟和仿真,就可以在真实物理活动发生之前,有效地分析产品的功能及其可制造性、可维修性。

5 逐步提高研发过程精益化和智能化

精益化和自动化是实现智能化的基础,通过数字化、信息化的工艺规划管理模式、工艺配置和服务平台,实现企业的有效管控,优化业务流程和资源配置,强化运行细节管理和过程管理,实施企业精益运作。

逐步将智能技术、测控装置、智能制造装备与制造执行系统(MES)、企业资源规划系统(ERP)集成,实现制造过程自动化、经营管理辅助决策的智能化。

6 进一步完善支撑飞机数字化研制的标准规范体系

模型的构造规范性、可维护性不足,缺乏制度化的样机审查机制(流程、方法、手段)等问题的存在突显了标准体系和资源库的建设与应用存在一定的局限性,应改变针对特定的企业和型号进行建设和应用的方式,建立飞机行业统一的数字化研制规范。

结束语

在飞机研制中采用数字化技术,实现了组织、流程、方法、手段、规范等模式的创新,在缩短研制周期、提高研制质量方面取得了巨大的成就,然而数字化技术的发展和應用工作是一个相互促进的过程,业务过程与技术的结合不断提出新的问题和挑战,有数字化应用的单元技术问题,也有业务模式和过程管理的问题,解决问题的过程就是技术进步的过程。技术的发展无止境,飞机研制数字化技术研究与应用工作任务任重道远。

(责编 谷雨)